

Projeto de Pesquisa

a) Título do projeto: Traços funcionais - uma abordagem para avaliar a sensibilidade de morcegos a alterações na paisagem

b) Tipo de bolsa solicitada: Doutorado

c) Instituição de Ensino/Programa: Universidade Federal de Lavras/Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada

d) Aluno responsável pelo projeto:

- Nome: Matheus Camargo Silva Mancini
- Titulação: Mestre em Ecologia Aplicada pela Universidade Federal de Lavras
- Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4174406278031302>

e) Orientador do projeto:

- Nome: Renato Gregorin
- Titulação: Doutor em Zoologia pelo IB-USP
- Cargo: Professor Associado IV
- Tipo de vínculo com a IES: Servidor Público
- Currículo Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7654379342989644>

f) Detalhamento do Projeto:

- Introdução e justificativa:

Mudanças na paisagem e no uso de terra têm sido identificadas como importantes agentes da perda de biodiversidade, em especial nas regiões tropicais, onde alterações como desmatamento e conversão de terra para agricultura, pastagem e urbanização ocorrem em taxas elevadas (Meyer and Kalko, 2008; Gonçalves et al., 2017). Devido a esse fato, a conservação da biodiversidade nos próximos anos depende do entendimento de como os organismos respondem a essas modificações, e de quais são as características que permitem sua colonização e sobrevivência nesses novos ambientes (Meyer et al., 2008; Farneda et al., 2015). Tal conhecimento será importante para o desenvolvimento de estratégias de manejo voltadas a manutenção de características da paisagem que permitam a sobrevivência de um maior número de espécies, bem como a manutenção dos serviços ecossistêmicos que são providos pela biodiversidade (Heim et al., 2015).

Nas regiões tropicais os morcegos são um grupo extremamente diverso e responsáveis por importantes funções e serviços ecológicos dentro dos ecossistemas que habitam, como a polinização, dispersão de sementes e o controle de artrópodes (Kunz et al., 2011; Ghanem and Voight, 2012). Os morcegos são também constantemente afetados por diferentes tipos de atividades humanas, como o desmatamento, a fragmentação e a modificação das paisagens (Meyer and Kalko, 2008; Cisneiros et al., 2014; 2016). Considerando que o processo de modificação das paisagens é acentuado pelo desenvolvimento humano e considerando a importância ecológica e econômica dos morcegos, é necessária a compreensão de como as comunidades de morcegos são estruturadas e como elas respondem as alterações ambientais causadas pelo homem, a fim de entender como ocorre a potencial perda de espécies e quais são as espécies mais vulneráveis a determinado tipo de alteração.

Nesse projeto, propõe-se a avaliação de como os morcegos respondem a alterações na paisagem focando em seus traços funcionais - características que estão relacionadas com o desempenho e o fitness dos organismos (Violle et. al., 2007). Pretende-se aqui adquirir informações sobre quais são as características que fazem os morcegos mais sensíveis às modificações na paisagem, com a intenção de fornecer ferramentas para facilitar futuras estratégias de conservação, por meio do desenvolvimento de uma abordagem que discrimina os morcegos em grupos funcionais (ex. tipos de dieta, morfologia de asa e ecolocalização) e avalia como

esses grupos respondem a diferentes tipos e intensidades de alterações. Com essa abordagem, futuras estratégias de manejo poderão focar em grupos de espécies, ao invés de focar apenas em espécies individuais. Mais especificamente, o objetivo é avaliar a resposta que traços funcionais específicos (valores de traços) apresentam a diferentes características da paisagem, focando assim em aspectos qualitativos (respostas dos traços) ao invés de aspectos quantitativos (presença dos traços).

Apesar de vários estudos terem investigado questões a respeito dos traços funcionais de morcegos nos últimos 20 anos, estes focaram primariamente na diversidade funcional, com forte ênfase para os morcegos que habitam o interior de florestas (Cisneiros et al., 2014; 2016; Morales et al., 2016). Esses estudos encontraram que uma maior diversidade de tipos de uso e cobertura de solo, com a manutenção de fragmentos de vegetação nativa, constitui uma paisagem capaz de abrigar uma maior diversidade de traços funcionais em morcegos. Contudo, pouco se sabe ainda sobre as respostas qualitativas dos traços funcionais as paisagens, como por exemplo, quais são os traços que permitem (ou limitam) os organismos explorar um ambiente com determinadas condições. Até hoje poucos estudos avaliaram essa questão (Hanspach et al., 2012; Farneda et al., 2015) e apenas algumas variáveis foram analisadas (ex. cobertura de vegetação e fragmentação). Nesse projeto, existem duas investigações não exploradas anteriormente: o efeito de algumas características da paisagem, como quantidade total de borda e a quantidade de cultura de eucalipto, os quais permanecem inexplorados com relação aos seus efeitos sobre os traços funcionais de morcegos; e o efeito dessas características da paisagem sobre os morcegos insetívoros aéreos, um grupo de morcegos menos estudado que até hoje teve suas respostas avaliadas apenas de forma categórica (Wordley et al., 2017; Dias-Silva et al., 2018), o que não considera toda a heterogeneidade da paisagem nem toda a heterogeneidade de respostas que esse grupo pode apresentar.

Considerando o processo contínuo de mudança nas paisagens, em especial nos países em desenvolvimento, e considerando que os morcegos compõe uma parte representativa da diversidade de mamíferos, espera-se que esse estudo traga resultados valiosos no sentido de fornecer informações sobre 1) quais são os atributos que fazem os morcegos mais sensíveis a diferentes mudanças na paisagem, 2) como são as respostas desses atributos a essas mudanças, e 3) quais espécies

devem ser priorizadas nas estratégias de manejo em cada cenário. Para isso, será utilizada uma abordagem baseada em uma análise estatística flexível (Chen et al., 2014; 2016), a qual permite avaliar a resposta de qualquer traço funcional frente à qualquer tipo de alteração (contínua ou categórica). Tal análise também traz a vantagem de formar grupos de resposta mais confiáveis, uma vez que esses são formados com base na similaridade de resposta, fazendo com que os resultados sejam menos arbitrários e mais adequados (Chen et al., 2016).

- Objetivo geral e objetivos específicos:

- Objetivo geral:

1. Avaliar como os traços funcionais de dois grupos distintos de morcegos (morcegos que voam em sub-bosque e morcegos que voam em áreas abertas) respondem a diferentes tipos de alteração na paisagem.

- Objetivos específicos:

1. Detectar os traços funcionais que fazem os diferentes grupos de morcegos mais sensíveis a mudanças na paisagem;
2. Detectar as características de paisagem que permitem a manutenção de uma maior quantidade de traços funcionais para cada grupo de morcegos estudado.

- Metodologia a ser utilizada:

Área de estudo

Esse projeto será realizado no Parque Estadual do Rio Doce (PERD), o maior remanescente de Mata Atlântica de Minas Gerais, sudeste brasileiro, o qual apresenta elevados níveis de alteração na paisagem em seu entorno e abriga uma elevada diversidade de morcegos (IEF, s/d; Peixoto, 2012; Gregorin et al., 2016; 2017). O entorno do PERD apresenta diferentes tipos de uso de terra, como a produção de eucalipto em diferentes idades, culturas agrícolas, pastagens e áreas urbanas (Peixoto, 2012). O interior do parque também apresenta elevada heterogeneidade, com vegetações em diferentes estágios de sucessão e áreas com grande concentração de lagoas (IEF, s/d). Com relação à diversidade de

morcegos, o PERD conta com o registro de mais de 40 espécies (Tavares et al., 2007; Gregorin et al., 2017), incluindo registros de novas espécies para a ciência (Velazco et al., 2014; Gregorin et al., 2016), o que salienta a necessidade de mais estudos para a região.

Pontos amostrais e variáveis da paisagem

Para a realização desse estudo, 14 pontos serão amostrados 8 vezes ao longo de 2 anos, sendo que em cada ano serão feitas 4 expedições, duas no período chuvoso e duas no período seco. Os pontos amostrais serão definidos com base em um mapa do PERD e áreas adjacentes que será dividido em grids de 5x5km, e 14 grids serão selecionados aleatoriamente. Cada grid selecionado irá abrigar um ponto amostral. Em cada ponto amostral serão feitas três circunferências com 1, 3 e 5 km de raio, respectivamente. As variáveis da paisagem serão medidas dentro de cada uma dessas circunferências, com a intenção de verificar se as métricas da paisagem afetam os traços funcionais dos morcegos em diferentes escalas e qual é a melhor escala de efeito para cada métrica (qual escala explica melhor a variação nos dados observados). As variáveis de paisagem a serem coletadas inicialmente são: porcentagem de vegetação nativa, porcentagem de área nuclear (quantidade de vegetação nativa que não está sujeita ao efeito de borda – considerado aqui como 20 metros a partir da borda), porcentagem de cultura de eucalipto, porcentagem de lagoas, porcentagem de zonas urbanas, porcentagem de áreas abertas (pastagem e solo exposto), quantidade de borda (medido através da relação perímetro-área) e a diversidade de tipos de uso de terra medida através do índice de diversidade de Simpson. Variáveis adicionais podem ser incluídas durante a execução do estudo. Todas as variáveis serão coletadas através de imagens de satélite disponíveis em bases cartográficas brasileiras, como o IBGE e o INPE. Essas imagens serão trabalhadas no software QGIS (QGIS Development Team, 2015), e as variáveis de paisagem serão medidas no software FRAGSTAT (McGarigal et al., 2012).

Amostragem de morcegos

Morcegos de sub-bosque

Para a amostragem dos morcegos de sub-bosque 8 redes de neblina (Ecotone 2.5 X 12m) serão instaladas nesse estrato da vegetação e permanecerão abertas durante 6 horas começando ao por do sol. Os morcegos capturados terão os seguintes dados registrados: identificação em nível de espécie, sexo, idade, fezes e ectoparasitas. Os traços funcionais também serão coletados individualmente. Esses traços são relacionados com o uso de espaço (medidos através de características da asa) e com demanda energética e exploração de recursos (medidos através da massa corpórea e do tipo de dieta). Os traços relacionados com a morfologia da asa são wing loading e aspect ratio, e estão relacionados com manobrabilidade e sustentabilidade de voo, respectivamente (Norberg and Rayner, 1987). Esses traços serão obtidos estendendo-se as asas dos morcegos sobre um papel milimetrado e fotografando-as sempre na mesma distância e angulação, com auxílio de um tripé e câmera fotográfica. As imagens serão analisadas no software ImageJ (Rasband, 2012). A massa corporal será medida com um dinamômetro, enquanto que o tipo de dieta será determinado com base no item dominante da dieta de determinada espécie, devido à baixa taxa de recaptura de indivíduos. Os morcegos terão suas fezes coletadas e o item dominante será considerado aquele presente em pelo menos 80% dos indivíduos de cada espécie. O principal item alimentar poderá também ser classificado com base na literatura (Soriano, 2000; Reis et al., 2007; Farneda et al., 2015) caso o número de registros seja muito pequeno para determinada espécie ($N < 5$).

Morcegos de áreas abertas

Para a amostragem dos morcegos insetívoros aéreos será utilizado um detector de ultrassom modelo Song Meter SM4BAT FS (Wildlife Acoustics Inc.), que será colocado em um ponto fixo e irá gravar por 6 horas começando ao por do sol. Os dados acústicos serão analisados no software RAVEN PRO (Cornel Lab of Ornithology, Ithaca). Chamadas de ecolocalização serão identificadas ao nível de espécie quando possível, usando a literatura adequada (Jung et al., 2007; 2014; López-Baucells et al., 2016; Arias-Aguilar et al., 2018). Os traços funcionais para esse subgrupo serão traços acústicos relacionados ao uso de espaço, ambiente de forrageio e capacidade de detecção de presa. Esses traços são estrutura da chamada (três tipos: frequência modulada, frequência constante ou frequência quase constante), duração da chamada, largura de banda,

duty-cycle (razão entre duração da chamada e intervalo entre chamadas) e frequência de máxima energia. Apenas chamadas de ecolocalização com qualidade suficiente e no mínimo com três pulsos serão analisadas.

Análise de dados

Em ambos os capítulos, os dados serão analisados utilizando-se a análise de classes latentes (LCA), a qual avalia a presença de grupos de resposta que inicialmente não são observados na amostra, com base na similaridade de resposta apresentada pelas observações (Chen et al., 2012; 2016). Esse tipo de análise é bastante flexível e permite a verificação de grupos de resposta com relação a qualquer tipo de variável, indicando o número de grupos formados que melhor explica a variabilidade de respostas com base no Critério de Informação Bayesiano (BIC), um critério que combina capacidade de ajuste com parcimônia dos modelos. Aqui, será avaliado como cada valor de cada traço funcional responde a cada variável da paisagem em cada uma das escalas utilizadas (1, 3 e 5 km). A LCA será feita no software R (R Core Team, 2016).

- Atividades previstas:
 - Medição das variáveis de paisagem na região do PERD e seu entorno (zona de amortecimento) através da análise de imagens de satélite em programas de SIG;
 - Seleção dos pontos amostrais;
 - Expedição piloto: coleta de dados experimental para verificar a adequabilidade dos pontos amostrais selecionados. Caso algum ponto amostral não seja adequado, uma nova seleção ocorrerá para substituir os pontos inadequados por pontos adequados;
 - Expedições de campo: coleta de dados oficial. Inclui amostragem através de redes de neblina e detector de ultrassom durante o período de 18 às 00h, durante 14 dias;
 - Triagem e análise de dados: medição dos traços funcionais através da análise de imagens, identificação taxonômica e medição de traços acústicos através da análise de sons, análise estatística dos dados através de programas para esse fim;
 - Escrita de relatórios, artigos e tese.

- Detalhamento da infraestrutura física e tecnológica a ser utilizada:
 - Laboratório de Diversidade e Sistemática de Mamíferos: infraestrutura física disponível para triagem/análise de dados e armazenamento de todo material de campo utilizado. O laboratório possui espaço adequado para realização de todas as atividades envolvendo análise de dados e escrita, bem como o aporte estrutural e tecnológico necessário para realização das mesmas, como bancadas e internet;
 - Alojamento do Parque Estadual do Rio Doce: infraestrutura para hospedar os pesquisadores do projeto durante as atividades de campo. Também será utilizado para triagem de dados durante esse período. O alojamento conta com camas para acomodar os pesquisadores, cozinha para alimentação, espaço para guardar todo material de pesquisa necessário e infraestrutura para realização das atividades de triagem de dados, como energia elétrica e bancadas de trabalho;
 - Veículo: carro modelo Parati a ser utilizado para viagens e deslocamento em campo. A viagem até o PERD e seu entorno é tranquila, com parte das estradas pavimentadas e parte das estradas de chão em boas condições;
 - Redes de neblina: equipamento de campo necessário para amostrar morcegos de sub-bosque. Serão utilizadas 8 redes da marca ECOTONE (dimensão 2,5 X 12 metros) com malha de tamanho 16x16 mm;
 - Hastes: material utilizado para instalação das redes de neblina. Serão utilizadas 9 hastes com 3 metros de altura;
 - Detector de ultrassom: equipamento utilizado para amostrar morcegos de áreas abertas. Será utilizado um aparelho da marca WILDLIFE BIOACOUSTICS, modelo SM4-FS, com dimensões (em centímetros) 21.8 altura x 15.0 largura x 7.1 comprimento e capacidade para até 450 horas de gravação. O detector necessita de 4 pilhas tipo D para funcionamento;
 - Cordas: material para fixação do detector de ultrassom e redes de neblina. Serão usadas 15 cordas de 2 metros cada;
 - Câmera fotográfica: equipamento necessário para fotografar os morcegos de sub-bosque para medir os traços funcionais relacionados com a morfologia da asa. Modelo Canon PwerShot SX30 IS;
 - Tripé: equipamento necessário para dar suporte à câmera fotográfica;
 - Papel milimetrado: material necessário para dar escala as fotografias tiradas dos morcegos;

- Paquímetro: equipamento necessário para medir os morcegos de modo a auxiliar na identificação taxonômica;
- Lanterna de cabeça: equipamento de campo necessário para amostragem de morcegos. Serão utilizadas duas lanternas de cabeça da marca xxx, as quais necessitam de duas pilhas tipo AAA para funcionamento;
- GPS: equipamento necessário para localizar os pontos amostrais selecionados. O GPS necessita de duas pilhas AA para funcionamento;
- Pilhas: material para nutrir as lanternas de cabeça, GPS e detector de ultrassom. Para o detector de ultrassom, serão necessárias 4 pilhas D por campanha, totalizando 32 para todo o projeto. Para as lanternas de cabeça, serão necessárias 4 pilhas tipo AAA por lanterna para cada expedição de campo, totalizando assim 64 para todo o projeto. Para o GPS, serão necessárias 4 pilhas AA por campanha, totalizando 32 para todo o projeto;
- Notebook e programas de análise de dados espaciais, acústicos, de imagem e estatísticos: equipamentos necessários para medir todas as variáveis de paisagem, analisar as gravações realizadas em campo, medir os traços funcionais, organizar os dados e fazer as análises estatísticas. Será utilizado um notebook modelo HP 14-r051br, e os programas a ser usados serão: QGIS e FRAGSTAT para trabalhar dados de paisagem, RAVEN PRO para trabalhar dados de bioacústica, IMAGEJ para trabalhar dados de imagem e o software R para fazer análises estatísticas.

- Linhas gerais do cronograma a ser cumprido:

Como cronograma geral está planejado a medição das variáveis de paisagem e seleção dos pontos amostrais durante os meses de outubro, novembro e dezembro de 2018; para que seja possível a realização de um campo piloto em janeiro de 2019. Esse primeiro campo terá a intenção de verificar a adequabilidade dos pontos amostrais selecionados, tendo duração de sete dias. Após essa etapa, ocorrerão as expedições de campo formais, com duração de quatorze dias. Essas expedições formais ocorrerão nos meses de março, junho, setembro e dezembro de 2019 e fevereiro, abril, agosto e novembro de 2020. Em dezembro de 2020 se iniciará a análise de dados, que está planejada para acontecer até março de 2021. De abril até agosto de 2021 será feita a escrita dos manuscritos (dois artigos inicialmente) e da tese de doutorado.

- Planilha de orçamento com estimativa dos gastos previstos:

| Orçamento | | | |
|---|--|-------------------|--------------------------|
| Materiais e atividades | Custo unitário ou por expedição (R\$) | Quantidade | Custo total (R\$) |
| Combustível para deslocamento | 1.025 | 8 | 8.200 |
| Manutenção do veículo | 500 | 1 | 500 |
| Alimentação para duas pessoas durante 14 dias de campo | 560 | 8 | 4.480 |
| Detector de ultrassom modelo SM4BAT-FS (inclui taxas de importação) | 6.000 | 1 | 6.000 |
| Rede de neblina ECOTONE modelo 716/12P | 833 | 3 | 2.499 |
| Uso e consumo para todo projeto (pilhas, papel milimetrado, cordas) | 972 | 1 | 972 |
| Total do projeto (R\$) | | | 22.651 |

- Resultados esperados e impacto previsto do projeto:

Como resultados, espera-se identificar grupos de morcegos que apresentam maior sensibilidade a diferentes tipos de alterações na paisagem, de modo que tomadores de decisão possam saber quais são os organismos prioritários para estratégias de conservação e manejo em diferentes situações. Com base em estudos prévios, espera-se que para morcegos de sub-bosque, traços funcionais como baixos valores de wing loading e aspect ratio (relação com sustentabilidade de voo) e alto valor de massa

corporal serão negativamente afetados por alterações como perda de habitat natural e aumento de áreas abertas e antropizadas, como pastagens e zonas habitacionais. Já valores altos de wing loading e aspect ratio serão negativamente afetados pela quantidade de formações florestais, como vegetação nativa e cultivos de eucalipto. Com relação ao traço de dieta, espera-se que os animalívoros sejam negativamente afetados pela perda de vegetação nativa.

Para animais de áreas abertas, espera-se que traços funcionais como valores altos de duração de chamada, valores baixos de largura de banda e de duty-cycle (razão entre duração da chamada e intervalo entre chamadas) sejam negativamente afetados por características como quantidade de vegetação nativa e outras formações florestais, como cultivo de eucalipto. Já valores baixos de duração, e valores altos de largura de banda e duty-cycle serão afetados negativamente por características como quantidade de áreas abertas (pastos e zonas urbanas). Com relação à frequência de máxima energia, espera-se que valores baixos desse traço sejam negativamente afetados pela quantidade de formações florestais (vegetação nativa e eucalipto), enquanto que valores altos desse traço serão afetados de forma negativa pela quantidade de áreas abertas. Para os tipos de estrutura de chamada, as chamadas do tipo frequência modulada serão negativamente afetadas pela perda de ambientes florestais, enquanto que os tipos frequência constante e quase constante serão afetados de forma negativa pela redução de ambientes abertos na paisagem.

Como impacto previsto desse projeto, pode-se destacar o desenvolvimento de uma abordagem flexível e parcimoniosa para avaliar as respostas da biodiversidade frente às modificações ambientais, bem como o entendimento de como as características funcionais dos morcegos os tornam mais sensíveis a diferentes tipos de alterações na paisagem. Pretende-se também a realização de palestras, de modo que o público que trabalha no parque, as populações que vivem no entorno deste, e a comunidade acadêmica fiquem a par do que vem sendo feito nesse trabalho. A proposta dessas apresentações é apresentar ao público a importância ecológica dos morcegos, a forma de aplicação e os benefícios da abordagem desenvolvida nesse projeto, os resultados da pesquisa, e discutir como esses resultados podem afetar a vida das pessoas nas esferas ecológica e econômica.

Além disso, o presente projeto também contribuirá para o parque através da avaliação do potencial que os diferentes tipos de cobertura de solo presentes no entorno do PERD possuem como zonas de amortecimento. Uma vez que zonas de amortecimento são aspectos importantes de unidades de conservação devido a sua função de tamponar os impactos de áreas adjacentes, os resultados desse estudo poderão fornecer informações sobre a qualidade de cada tipo de uso de solo como zonas de amortecimento para os morcegos. Tais resultados aliados a futuros estudos avaliando essas respostas para outros grupos biológicos podem auxiliar na tomada de decisão de quais são os melhores tipos de uso de terra a serem implantados no entorno do parque, visando o aumento da efetividade da zona de amortecimento para toda biodiversidade.

- Referências bibliográficas:

Arias-Aguilar, A., Hintze, F., Aguiar, L.M.S., Rufay, V., Bernard, E., Pereira, M.J.R., 2018. Who is calling? Acoustic identification of Brazilian bats. *Mammal Research*, 63(3): 231-253.

Chen, Q., Just, A.C., Miller, R.L., Perzanowski, M.S., Goldstein, I.F., Perera, F.P., Whyatt, R.M., 2012. Using latent class growth analysis to identify childhood wheeze phenotypes in an urban birth cohort. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 108(5): 311-315.

Chen, Q., Zhong, X., Acosta, L., Divjan, A., Rundle, A., Goldstein, I.F., Miller, R.L., Perzanowski, M.S., 2016. Allergic sensitization patterns identified through latent class analysis among NYC asthmatic and non-asthmatic children. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 116(3): 212-218.

Cisneiros, L.M., Fagan, M.E., Willig, M.R., 2014. Effects of human-modified landscapes on taxonomic, functional and phylogenetic dimensions of bat biodiversity. *Diversity and Distributions*, 21(5): 523-533.

Cisneiros, L.M., Fagan, M.E., Willig, M.R., 2016. Environmental and spatial drivers of taxonomic, functional and phylogenetic characteristics of bat communities in human-modified landscapes. *Peer J*, 4: e2551.

Dias-Silva, L., Duarte, G.T., Alves, R., Pereira, M.J.R., Paglia, A., 2018. Feeding and social activity of insectivorous bats in a complex landscape: The importance of

gallery forests and karst areas. *Mammalian Biology*, 88: 52-63.

Farneda, F.Z., Rocha, R., López-Baucells, A., Groenenberg, M., Silva, I., Palmeirim, J.M., Bobrowiec, P.E.D., Meyer, C.F.J., 2015. Trait-related responses to habitat fragmentation in Amazonian bats. *Journal of Applied Ecology*, 52(5): 1381-1391.

Ghanem, S.J., Voigt, C.C., 2012. Increasing Awareness of Ecosystem Services Provided by Bats. *In: Advances in the Study of Behavior* (H. Jane Brockmann, T. J. Roper, M. Naguib, J. C. Mitani, L. W. Simmons, eds). Vol. 44, Burlington: Academic Press, 2012. p. 279-302.

Gonçalves, F., Fischer, E., Dirzo, R., 2017. Forest conversion to cattle ranching differentially affects taxonomic and functional groups of Neotropical bats. *Biological Conservation*, 210: 343-348.

Gregorin, R., Bernard, E., Lobão, K.W., Oliveira, L.F., Machado, F.S., Gil, B.B., Tavares, V.C., 2017. Vertical stratification in bat assemblages of the Atlantic Forest of south-eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 33(5): 1-10.

Gregorin, R., Moras, L.M., Acosta, L.H., Vasconcellos, K.L., Poma, J.L., Santos, F.R., Paca, R.C., 2016. A new species of *Eumops* (Chiroptera: Molossidae) from southeastern Brazil and Bolivia. *Mammalian Biology*, 81(3): 235-246.

Hanspach, J., Fischer, J., Ikin, K., Stott, J., Law, B.S., 2012. Using trait-based filtering as a predictive framework for conservation: A case study of bats on farms in southeastern Australia. *Journal of Applied Ecology*, 49(4): 842-850.

Heim, O., Treitler, J.T., Tschapka, M., Knornschild, M., Jung, K., 2015. The importance of landscape elements for bat activity and species richness in agricultural areas. *PlosOne*, 10(7): e0134443.

IEF, *sine datum*. Encarte 4 - Unidade de Conservação e Zona de Amortecimento: Parque Estadual do Rio Doce. Disponível em: http://ong.prosperustec.com.br/mprd/wp-content/uploads/2008/10/plano-de-manejo_enc4.pdf. Acesso em 20 Maio 2018.

Jung, K., Kalko, E.K.V., Helversen, O., 2007. Echolocation calls in Central American emballonurid bats: Signal design and call frequency alternation. *Journal of Zoology*, 272(2): 125-137.

Jung, K., Molinari, J., Kalko, E.K.V., 2014. Driving factors for the evolution of species-specific echolocation call design in New World free-tailed bats (Molossidae). *PLoSOne*, 9(1): e85279.

Kunz, T.H., Torrez, E.B., Bauer, D., Lobova, T., Fleming, T.H., 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals New York Academy of Science*, 1223(2011): 1-38.

López-Baucells, A., Rocha, R., Bobrowiec, P., Bernard, E., Palmeirim, J., Meyer, C., 2016. Field guide to Amazonian bats. Manaus, Editora INPA, 2016. 168p.

McGarigal, K., Cushman, S., Ene, E., 2012. FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst. Available: <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>

Meyer, C.F.J., Frund, J., Lizano, W.P., Kalko, E.K.V., 2008. Ecological correlates of vulnerability to fragmentation in Neotropical bats. *Journal of Applied Ecology*, 45: 381-391.

Meyer, C.F.J., Kalko, E.K.V., 2008. Assemblage-level responses of phyllostomid bats to tropical forest fragmentation: land-bridge islands as a model system. *Journal of Biogeography*, 35: 1711-1726.

Morales, R., Moreno, C.E., Badano, E.I., Zuria, I., Galindo-González, J., Rojas-Martínez, A.E., Ávila-Gómez, E.S., 2016. Deforestation impacts on bat functional diversity in tropical landscapes. *PLoSOne*, 11(12): e0166765.

Norberg, U.M., Rayner, J.M.V., 1987. Ecological morphology and flight in bats (Mammalia, Chiroptera): Wing adaptations, flight performance, foraging strategy and echolocation. *Philosophical Transactions of Royal Society of London B*, 316(1179): 335-427.

Peixoto, E.L., 2012. Caracterização e perspectivas do Parque Estadual do Rio Doce - MG: uma abordagem a partir de imagens de sensoriamento remoto e fotografias

hemisféricas de dossel. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 104 p.

QGIS Development Team, 2015. QGIS Geographic Information System, Open Source Geospatial Foundation Project. Available: <https://www.qgis.org>

R Core Team. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available: <https://www.r-project.org/>

Rasband, W.S., 2012. ImageJ. U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA. Available: <https://imagej.nih.gov/ij/>

Reis, N.R., Peracchi, A.L., Pedro, W.A., Lima, I.P., 2007. Morcegos do Brasil. Londrina, Nélio Roberto Reis, 2007. 253 p.

Soriano, P.J., 2000. Functional structure of bat communities in tropical rainforests and Andean cloud forests. *Ecotropicos*, 13(1): 1-20.

Tavares, V.C., Perini, F.A., Lombardi, J.A., 2007. The bat communities (Chiroptera) of the Parque Estadual do Rio Doce, a large remnant of Atlantic Forest in southeastern Brazil. *Lundiana*, 8(1): 35-47.

Velazco, P.M., Gregorin, R., Voss, R.S., Simmons, N.B., 2014. Extraordinary local diversity of disk-winged bats (Thyropteridae: *Thyroptera*) in Northeatern Peru, with the description of a new species and comments on roosting behavior. *American Museum of Novitates*, 3795: 1-28.

Violle, C., Navas, M.L., Vile, D., Kazakou, E., Fortunel, C., Hummel, I., Garnier, E., 2007. Let the concept of trait be functional! *Oikos*, 116(5): 882-892.

Wordley, C.F.R., Sankaran, M., Mudappa, D., Altringham, J.D., 2017. Bats in the Ghats: Agricultural intensification reduces functional diversity and increases trait filtering in a biodiversity hotspot in India. *Biological Conservation*, 210: 48-55.